

1.Правила експлуатації трамвая та тролейбуса. – К.: Держ. комітет України по ЖКГ, Управління міського електротранспорту, 1997.

2.ГОСТ-9.602-89. Единая система защиты от коррозии. – М.: Стандарт, 1991.

3.Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник / И.В.Стрижевский, А.Д.Белоголовский, В.И.Дмитриев и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 303 с.

Отримано 29.03.2007

УДК 629.423.1

Д.Ю.ЛОЗОВОЙ

Кременчугский государственный политехнический университет

ЗАЩИТА ПИТАЮЩЕЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ РАДИОПОМЕХ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Рассматриваются вопросы защиты питающей контактной сети метрополитена от радиопомех, генерируемых ШИП тягового электропривода. Приведены результаты исследований по выбору результатов для минимизации одиозных последствий в анализируемом режиме.

Элементную базу широтно-импульсных преобразователей (ШИП) первого поколения составляли однооперационные тиристоры, схемное время принудительной коммутации которых находится в диапазоне 50-150 мкс. Путем принудительной коммутации тиристоров ШИП отключается от питающей контактной сети (ПКС), обладающей распределенной индуктивностью, что ведет к возникновению промышленных радиопомех с частотой порядка $f_p = 7...20$ кГц. Промышленные радиопомехи опасны тем, что приводят к сбою работы микропроцессорных систем, систем связи и измерения, питающихся от той же сети.

Защита ПКС от высокочастотных помех осуществляется путем снижения уровня излучения, для чего на входе ШИП устанавливают LC-фильтр.

Целью данной статьи является повышение уровня защиты питающей контактной сети от радиопомех создаваемых широтно-импульсными преобразователями.

Согласно ГОСТам 16842-82, 14777-76 и Нормам 1-63, нижний уровень частоты промышленных радиопомех составляет 10 кГц. При международном распределении радиодиапазонов принята нижняя граница радиопомех $f_p \geq 9$ кГц. Помехи с частотой менее 9 кГц классифицируются как промышленные низкочастотные помехи [1].

Для исследований примем (с запасом) нижний предел частоты ин-

дустриальных радиопомех: $f_{P_{\min}} = 8 \text{ кГц}$.

Поскольку частота помех, генерируемых тиристорными ШИП в процессе принудительной коммутации, одного порядка со стандартным минимумом, требования к фильтру этих помех не высоки. Так, для вагонов метрополитена с тиристорными ШИП в якорной цепи ТЭД последовательного возбуждения применяют Г-образный входной LC-фильтр (рис.1) [2].

Г-образный LC-фильтр (рис.2) относится к разряду низкочастотных второго порядка и в общем виде в операторной форме описывается передаточной функцией [2]:

$$W(p) = \frac{U_Z(p)}{U_G(p)} = \frac{1}{1 + ap + bp^2}, \quad (1)$$

где $a = RC$; $b = LC$.

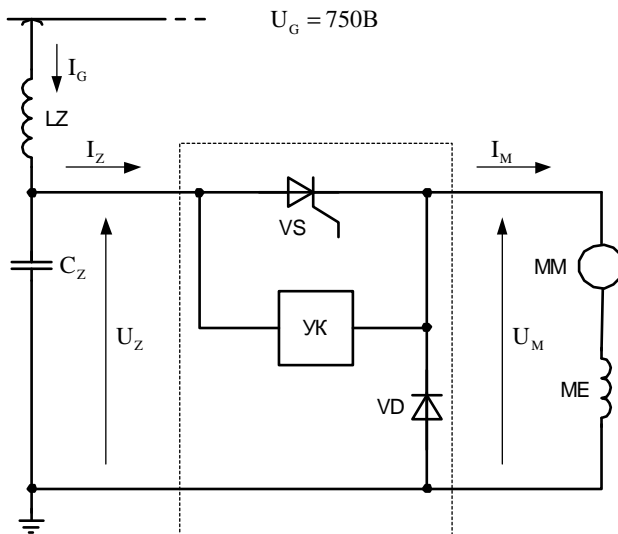


Рис.1 –Упрощенная схема ТЭП с тиристорным ШИП и Г-образным входным LC-фильтром

Заменяя оператор комплексной переменной $P = j\omega$, получаем частотную характеристику фильтра в комплексной форме:

$$W(j\omega) = \dot{W} = \frac{1}{1 + j\omega RC - \omega^2 LC}, \quad (2)$$

которая графически представляется либо в виде диаграммы Боде

$$a_z = 20 \lg |\dot{W}| = F\left(\frac{f}{f_m}\right),$$

либо логарифмической амплитудно-частотной характеристикой (ЛАЧХ) $\lg |\dot{W}| = F(\omega)$, последняя в общем виде представлена на рис 3, где $\omega_m = 2\pi f_m$ – круговая частота максимума (резонансная частота или частота собственных колебаний идеального LC-контура); ω_z – частота среза.

Параметры элементов фильтра в слаботочных цепях принимают исходя из следующих соотношений:

$$R = \frac{a}{\omega_z C}; \quad L = \frac{b}{\omega_z^2 C}.$$

Коэффициенты a и b зависят от типа фильтра – с критическим затуханием Баттерворта, Бесселя или Чебышева [2].

В нашем случае, во избежание потерь мощности в силовой цепи, активное сопротивление R стремятся свести к нулю, тогда:

$$W(\omega) = \frac{1}{1 - \omega^2 LC}, \quad (3)$$

где $\omega_m = 2\pi f_m = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $\omega_z = 2\omega_m$; $\omega_z / \omega_m = \nu$ – относительная частота.

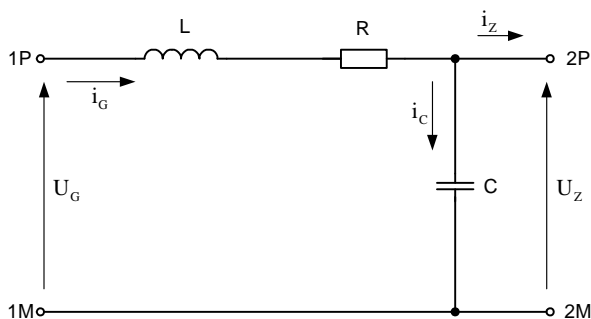


Рис.2 – Обобщенная Г-образная схема фильтра

При этом передаточная функция предстает в нормированном виде:

$$W = \frac{1}{1 - \nu^2}. \quad (4)$$

Реакция фильтра на воздействие, например, прямоугольных импульсов напряжения со стороны ПКС при отключенном ШИП, в общем виде описывается временной функцией:

$$U_z = E_G \left[1 - \frac{\omega_m}{\omega_R} \exp(-\delta t) \times \sin(\omega_R t + \psi_R) \right], \quad (5)$$

где E_G – амплитуда прямоугольного импульса напряжения на входе фильтра; $\omega_R = \sqrt{\delta^2 - \omega_m^2}$ – собственная круговая частота реального контура; $\delta = \frac{R}{2L}$ – коэффициент затухания контура; $\psi_R = \arctg \frac{\omega_R}{\delta}$ – фазовый сдвиг.

В идеальном контуре максимальная амплитуда импульса напряжения на выходе фильтра $U_{z_{\text{макс}}} = 2E_G$, что опасно для элементов ШИП и следовательно требует разработки защитных мер.

Таким образом, теоретическое рассмотрение возможностей и недостатков Г-образного фильтра с учетом его практического применения позволяет сделать вывод о приемлемости Г-образного фильтра в качестве базового для дальнейших исследований в части защиты ПКС от промышленных радиопомех, генерируемых ШИП.

При этом представляет интерес использование П-образного фильтра, который находит широкое применение в общепромышленных электроприводах на базе IGB-транзисторных ШИП [3]. Последнее обстоятельство диктует применение более эффективной схемы фильтра. Дело в том, что IGB-транзисторный ШИП генерирует промышленные радиопомехи на два порядка более высокой частоты, чем тиристорный ШИП, – на уровне 1...3 МГц, вследствие чрезвычайно малых времен включения и отключения IGBT. Это предъявляет к фильтрам систем с IGBT более серьезные требования, особенно, в части применяемой элементной базы.

Обычно входные фильтры общепромышленных электроприводов выполняются по симметричной П-образной схеме (рис.4).

Параметры такой симметричной П-образной схемы:

$$C_s = C_z = \frac{C}{2}; R_s = R_z = 2R; L_z = L; \quad (6)$$

$$f_z = \frac{f_{p_{\min}}}{2} = 4\text{кГц} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}. \quad (7)$$

Из (7) следует $LC = 6333 \times 10^{-6} \times 10^{-6} \text{ Гн} \times \text{Ф}$ или

$$L[\text{мкГн}] \times C[\text{мкФ}] = 6333. \quad (8)$$

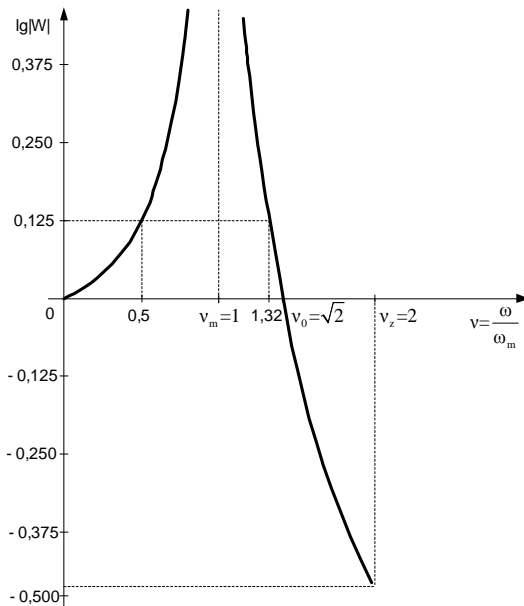


Рис.3 – ЛАЧХ Г-образного LC-фильтра

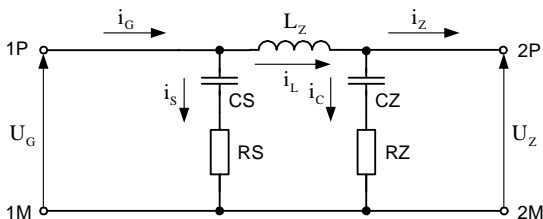


Рис.4 – Упрощенная схема П-образного фильтра

Волновое сопротивление $\rho = \sqrt{L/C}$ для аperiodического характера процесса фильтрации должно быть менее $R/2$.

При выборе параметров фильтра необходимо также учитывать броски зарядного тока конденсаторов при подаче на них полного напряжения питания при включении линейного (ходового) контактора. Амплитуда зарядного тока входного конденсатора C_S при включении линейного контактора

$$I_{Sm} = \frac{U_G}{R_s} < I_{CS \text{ peak}}. \quad (9)$$

При этом желательно избежать применения устройств предварительного заряда конденсаторов с целью упрощения схемы ТЭП. Применение П-образного фильтра в ТЭП имеет место в системе “TV-Progress”; результатов его эксплуатации пока неизвестно.

Таким образом, приведенные выше предложения могут и должны быть учтены при разработке желаемого универсального фильтра для ТЭП.

1. Векслер Г.С., Недочетов В.С., Пилипинский В.В. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания. – К.: Техника, 1990. – 167 с.

2. Штинбен Г.А. Выбор фильтра для электроподвижного состава с импульсным регулированием напряжения // Электротехника. – 1972. – №4. – С.19-22.

3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1982. – 98 с.

Получено 02.03.2007

УДК 621.81

А.Н.КУЗНЕЦОВ, А.И.РУБАНЕНКО, кандидаты техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

АНАЛИЗ СПЛОШНОСТИ СТОЛБА ЖИДКОСТИ В ПОЛОСТИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ГИДРООБЪЕМНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Рассматриваются условия разрывности сплошности жидкости в гидрообъемных механических передачах. Принимается модель сжимаемой жидкости с конечной скоростью распространения возмущений и учетом ее инерционности. Решение принимается в форме Даламбера. Обосновывается возможность разрывного характера движения жидкости, что сказывается на качестве работы гидромашины и исполнительного механизма.

Надежность эксплуатации транспортного средства в значительной степени зависит от технического состояния его узлов. Поэтому к состоянию узлов силового привода предъявляются повышенные требования в целях создания более благоприятного режима – снижения вибрации. Конечным результатом любого анализа надежности являются рекомендации по внедрению мероприятий, направленных на совершенствование конструкции или изменение эксплуатационных условий. Для этого нужно иметь четкое представление не только о возможных